

NTS1: Natur, Technik, Systeme

Test 2, Dezember 2014

Drittes Semester WI13t

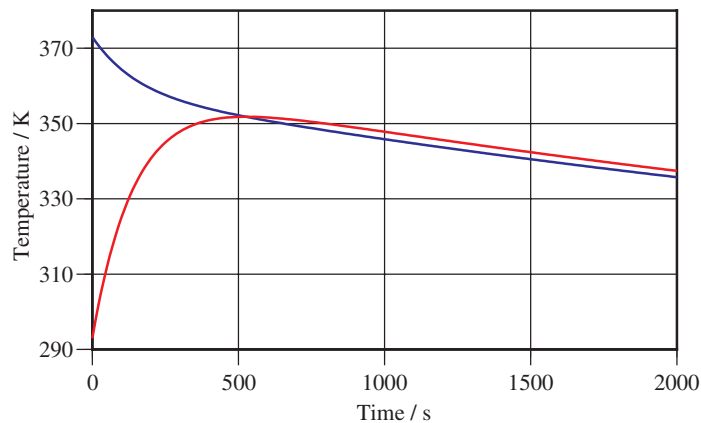
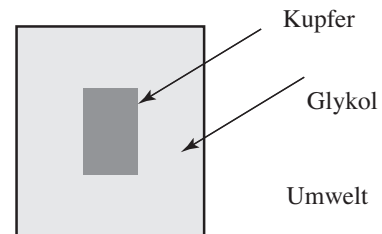
Erlaubte Hilfsmittel: **Bücher, persönlich verfasstes Journal und Zusammenfassung.** Rechen- und Schreibzeugs.

Antworten müssen begründet und nachvollziehbar sein.

Dauer der Prüfung: 60 Minuten.

Kupferklotz in Glykol

Ein Kupferklotz (Masse: 800 g, $T(0) = 20^\circ\text{C}$) wird zum Zeitpunkt $t = 0$ in ein heisses Bad aus Glykol (Masse: 600 g, $T(0) = 100^\circ\text{C}$) getaucht. Die Temperaturen von Glykol und Kupfer werden als Funktionen der Zeit gemessen. Die Temperatur der Umgebung beträgt konstant 20°C .



Die spez. Entropiekapazität von Glykol beträgt $7.7 \text{ J}/(\text{K}^2 \cdot \text{kg})$. Der Entropieleitwert des Entropiestroms vom Glykol an die Umwelt beträgt $1.2 \cdot 10^{-3} \text{ W}/\text{K}^2$.

- a. Formulieren Sie die momentanen Entropiebilanzen für Glykol und Kupfer. Vernachlässigen Sie dabei die Produktion der Entropie wegen Wärmetransport (zwischen Glykol und Umwelt und Glykol und Kupfer). [1 P.]

- b. Bestimmen Sie mit Hilfe der Temperaturdaten die Änderungsrate der Temperatur von Glykol und Kupfer gerade am Anfang. [1 P.]
- c. Wie gross ist die Änderungsrate der Entropie des Glykols gerade am Anfang? [1 P.]
- d. Wie gross ist der Entropiestrom vom Glykol an die Umwelt gerade am Anfang? [1 P.]
- e. Wie gross ist der Entropiestrom von Glykol an das Kupfer gerade am Anfang? [0.5 P.]
- f. Bestimmen Sie die (als konstant angenommene!) spezifische Entropiekapazität des Kupfers. Schätzen Sie daraus die spezifische Energiekapazität von Kupfer ab. [1 P.]
- g. Schätzen Sie die Zeitkonstante der Abkühlung von Glykol und Kupfer zusammen (also nach etwa 1000 s) aus den Temperaturdaten. Benutzen Sie das Resultat, um die kombinierte Entropiekapazität von Glykol und Kupfer zu bestimmen. Stimmt das mit der Bestimmung in f überein? [2.5 P.]

ZUSATZAUFGABE

- h. Im vorgeschlagenen Modell wurde die Entropieproduktionsrate beim Entropietransfer von Glykol an Kupfer vernachlässigt. Schätzen Sie die Entropieproduktionsrate wegen dieses Prozesses an ein paar Punkten bis etwa 500 s und bestimmen Sie daraus die produzierte Entropie. Vergleichen Sie das mit der vom Kupfer aufgenommenen Entropie (bis zu diesem Zeitpunkt). Wie gross ist der Fehler, den man macht? [3 P.]

Solutions

a.

$$\begin{aligned}\dot{S}_G &= -I_{S,loss} - I_{S,GC} \\ \dot{S}_C &= I_{S,GC}\end{aligned}$$

b. $dT_G/dt(0) = -0.114 \text{ K/s}$, $dT_C/dt = 0.445 \text{ K/s}$

c.

$$\begin{aligned}\dot{S}_G(0) &= m k_S \dot{T}_G(0) \\ &= 0.600 \cdot 7.7 \cdot (-0.114) \text{ W/K} = -0.527 \text{ W/K}\end{aligned}$$

d.

$$\begin{aligned}I_{S,loss} &= G_S(T_G - T_a) \\ &= 1.2 \cdot 10^{-3} \cdot (373 - 293) \text{ W/K} = 0.096 \text{ W/K}\end{aligned}$$

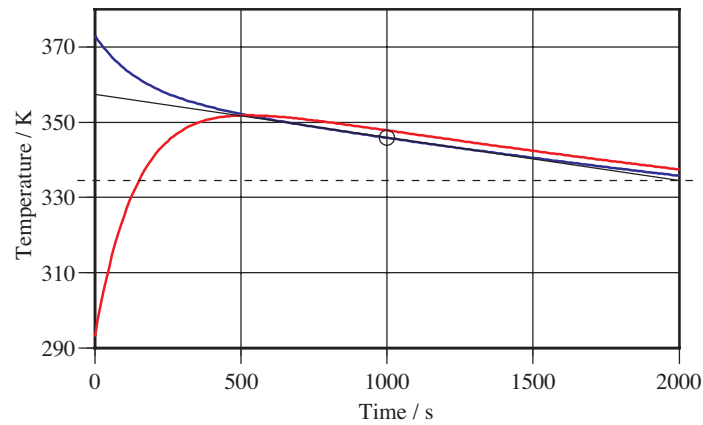
e.

$$\begin{aligned}I_{S,GC} &= -I_{S,loss} - \dot{S}_G \\ &= -0.096 \text{ W/K} - (-0.527 \text{ W/K}) = 0.431 \text{ W/K}\end{aligned}$$

f.

$$\begin{aligned}\dot{S}_C(0) &= m_C k_{S,C} \dot{T}_C(0) \\ k_{S,C} &= \frac{\dot{S}_C(0)}{m_C \dot{T}_C(0)} = \frac{I_{S,GC}(0)}{m_C \dot{T}_C(0)} \\ &= \frac{0.431}{0.800 \cdot 0.445} \frac{\text{J}}{\text{K}^2 \text{kg}} = 1.21 \frac{\text{J}}{\text{K}^2 \text{kg}} \\ c_C &\approx T_{av} k_{S,C} = 330 \cdot 1.12 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{kg}} = 370 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{kg}}\end{aligned}$$

9c



$$\left. \frac{dT_G}{dt} \right|_{t=1000} \approx -\frac{24 \text{ K}}{2000 \text{ s}} = 12 \cdot 10^{-3} \frac{\text{K}}{\text{s}}$$

$$\left. \frac{dT_G}{dt} \right|_{t=1000} = -\frac{346 - 293}{\tau} \Rightarrow \tau = 4.4 \cdot 10^3 \text{ s}$$

$$\tau = \frac{1}{G_{S,loss}} K_{S,total}$$

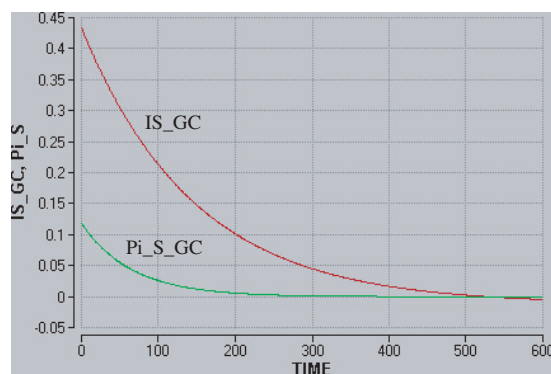
$$\Rightarrow K_{S,total} = G_{S,loss} \tau = 1.2 \cdot 10^{-3} \cdot 4.4 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{K}^2} = 5.3 \frac{\text{J}}{\text{K}^2}$$

$$K_{S,total} = m_G k_{S,G} + m_C k_{S,C}$$

$$= (0.60 \cdot 7.7 + 0.80 \cdot 1.12) \frac{\text{J}}{\text{K}^2} = 5.5 \frac{\text{J}}{\text{K}^2}$$

h. Calculation of entropy production rate in heat transfer:

$$\Pi_{S,GC} = \frac{T_G - T_C}{T_C} I_{S,GC}$$



Entropy transferred: 60 J/K. Entropy produced: 7.7 J/K.